



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences

Science

SCCS

Secrétariat canadien de consultation scientifique

Document de recherche 2012/006

Région du Québec

CSAS

Canadian Science Advisory Secretariat

Research Document 2012/006

Quebec Region

**Indicateurs de l'état des stocks et
points de référence conformes à une
approche de précaution pour la crevette
nordique du golfe du Saint-Laurent**

**Stock status indicators and
reference points consistent with a
precautionary approach for
northern shrimp in the Gulf of St.
Lawrence**

Louise Savard

Direction régionale des Sciences / Regional Science Branch
Pêches et des Océans Canada / Fisheries and Oceans Canada
Institut Maurice-Lamontagne / Maurice Lamontagne Institute
850 route de la mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

This series documents the scientific basis for the evaluation of aquatic resources and ecosystems in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

Ce document est disponible sur l'Internet à:

This document is available on the Internet at:

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/>

ISSN 1499-3848 (Imprimé / Printed)

ISSN 1919-5044 (En ligne / Online)

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2012

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2012

Canada

La présente publication doit être citée comme suit :

Savard, L. 2012. Indicateurs de l'état des stocks et points de référence conformes à une approche de précaution pour la crevette nordique du golfe du Saint-Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/006. ii + 29 p.

Correct citation for this publication:

Savard, L. 2012. Stock status indicators and reference points consistent with a precautionary approach for northern shrimp in the Gulf of St. Lawrence. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/006. ii + 29 p.

RÉSUMÉ

Ce document présente l'indicateur utilisé pour évaluer l'état de la ressource depuis la saison de pêche 2009. L'indicateur principal de l'état des stocks est basé sur l'abondance des mâles et des femelles estimée à partir de la pêche commerciale et du relevé de recherche. De nouveaux points de référence basés sur cet indicateur sont proposés pour délimiter les zones de classification de l'état des stocks. Ces points de référence seront utilisés pour développer une approche de précaution à la gestion des stocks de crevette du golfe.

ABSTRACT

This document presents the indicator that has been used to assess the resource status since the 2009 fishing season. The main indicator of the stock status is based on the abundance of males and females estimated from the commercial fishery and research survey. New reference points based on this indicator are proposed to delineate the stock status classification zones. These reference points will be used to develop a precautionary approach for managing of shrimp stocks in the Gulf.

INTRODUCTION

La pêche à la crevette nordique (*Pandalus borealis*) a débuté dans le golfe du Saint-Laurent en 1965 (Tableau 1). L'exploitation est effectuée par des chalutiers dans quatre zones de pêche à la crevette (ZPC) : Estuaire (ZPC 12), Sept-Îles (ZPC 10), Anticosti (ZPC 9) et Esquiman (ZPC 8) (Figure 1). La pêche est soumise à plusieurs mesures de gestion dont le contrôle des prises par un total admissible des captures (TAC) pour chacune des quatre zones. L'évaluation des stocks est effectuée chaque année de façon à déterminer si les changements survenus dans l'état de la ressource justifient des ajustements à l'approche de conservation et au plan de gestion (MPO 2011). Les informations scientifiques sont revues et discutées lors du processus de revue par les pairs de même que lors de la réunion annuelle du Comité Consultatif sur la Crevette du Golfe.

L'état de la ressource est évalué par l'examen de divers indicateurs provenant de la pêche commerciale et d'un relevé de recherche. Le TAC est ajusté en fonction de l'état de la ressource de façon à ce que le taux d'exploitation qui serait généré par ce TAC demeure à un niveau similaire à celui de la moyenne à long terme. En l'absence de règles de décision formelles, l'ajustement apporté au TAC est fait sur une base empirique. L'évaluation des stocks est descriptive et la méthode ne permet pas d'estimer un taux d'exploitation absolu, ni de le mettre en relation avec des taux d'exploitation cibles. Toutefois, elle permet de suivre les changements relatifs du taux d'exploitation au cours des années. Comme aucun effet négatif de l'exploitation sur les populations de crevette nordique n'a été perçu jusqu'à maintenant, il est postulé qu'un taux d'exploitation similaire au taux moyen est adéquat.

Le Canada s'est engagé à appliquer l'approche de précaution à la gestion des stocks de poissons et d'invertébrés marins (MPO 2006). Un atelier national sur le développement d'approches de précaution pour les pêches de crevettes du

INTRODUCTION

The northern shrimp (*Pandalus borealis*) fishery began in the Gulf of St. Lawrence in 1965 (Table 1). The exploitation is conducted by trawlers in four shrimp fishing areas (SFA): Estuary (SFA 12), Sept-Îles (SFA 10), Anticosti (SFA 9) and Esquiman (SFA 8) (Figure 1). Fishing is regulated by several management measures, including the setting of total allowable catches (TAC) for each of the four areas. The stock assessment is carried out each year to determine whether changes that have occurred in the resource status necessitate adjustments to the conservation approach and management plan (DFO 2011). The scientific information are reviewed and discussed during the peer review process as well as during the annual meeting of the Gulf Shrimp Advisory Committee.

The resource status is assessed by examining a number of indicators from the commercial fishery and a research survey. The TAC is adjusted according to the status of the resource so that the exploitation rate which would be generated by this TAC stays to a level similar to that of the long-term average. In the absence of formal decision rules, the adjustment brought to the TAC is made on an empirical basis. The stock assessment is descriptive and the method does not allow to estimate an absolute exploitation rate, or to relate it in to target exploitation rates. However, it allows tracking relative changes in the exploitation rate over the years. As no negative impact of the exploitation on the northern shrimp populations has been detected, it is postulated that an exploitation rate similar to the average rate is adequate.

Canada has committed to using the Precautionary Approach in managing marine fish and invertebrate stocks (DFO 2006). A national workshop was held in November 2008 on the development of precautionary

Canada a été tenu en novembre 2008 (MPO 2009a). On y a discuté de l'établissement de points de référence limite et de points de référence supérieur qui délimitent les zones saine, de prudence et critique de l'état d'un stock. Des points de référence provisoires basés sur un indice de l'abondance des femelles ont été proposés pour la pêche du Golfe.

Ce document présente l'indicateur utilisé pour évaluer l'état de la ressource depuis la saison de pêche 2009. L'indicateur principal de l'état des stocks est basé sur l'abondance des mâles et des femelles estimée à partir de la pêche commerciale et du relevé de recherche. De nouveaux points de référence basés sur cet indicateur sont proposés pour délimiter les zones de classification de l'état des stocks. Ces points de référence seront utilisés pour développer une approche de précaution à la gestion des stocks de crevette du golfe.

INTRANTS

Des programmes de monitoring ont été mis en place dans les années 1980 et 1990 pour permettre le suivi annuel de la pêche et de l'état des populations de crevettes nordiques de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Les informations obtenues de la pêche et du relevé de recherche sont utilisées pour faire une évaluation de l'abondance de la crevette ainsi que pour examiner diverses caractéristiques biologiques qui font référence au succès de la pêche, à l'abondance des stocks ou à la productivité de la ressource.

Les données de capture et effort de la pêche commerciale sont récoltées depuis 1982 à partir des journaux de bord des crevettiers et sont validées à l'aide des récépissés d'achat des usines ou du programme de vérification des débarquements à quai. Des échantillons des prises commerciales sont prélevés au débarquement depuis 1982. Les échantillons sont rapportés au laboratoire où l'espèce, le stade de maturité et la taille des individus sont notés. Un

approach frameworks for Canadian shrimp fisheries (DFO 2009a). The establishment of limit reference points and upper stock reference points delineating the healthy, cautious and critical stock status zones was discussed at the meeting. Provisional reference points based on a female abundance index were proposed for the Gulf of St. Lawrence fishery.

This document presents the indicator that has been used to assess the resource status since the 2009 fishing season. The main indicator of the stock status is based on the abundance of males and females estimated from the commercial fishery and research survey. New reference points based on this indicator are proposed to delineate the stock status classification zones. These reference points will be used to develop a precautionary approach for managing of shrimp stocks in the Gulf.

INPUT DATA

Monitoring programs were set up in the 1980s and 1990 to allow the annual follow-up of the fishery and the status of the populations of northern shrimp of the Estuary and the Gulf of St. Lawrence. The information obtained from the fishery and from the research survey is used to make an evaluation of the abundance of shrimp as well as to examine diverse biological characteristics which make reference to the success of fishing, to the abundance of stocks or to the productivity of the resource.

Commercial fishery catch and effort data have been collected since 1982 from the shrimper logbooks and are validated with the processing plant purchase slips or with the dock side monitoring program. Commercial catch samples have been collected since 1982. The samples are brought back to the laboratory where the species, maturity stage and size of individuals are noted. A trawl survey has been conducted each year since

relevé de chalutage est réalisé chaque année depuis 1990 dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent à partir d'un navire du MPO et vise à évaluer l'abondance de plusieurs espèces dont les crevettes. Le poids de la capture de crevettes est noté à chaque station et un échantillon est prélevé pour déterminer l'espèce, le stade de maturité et la taille des individus.

Les statistiques de la pêche commerciale sont utilisées pour estimer l'effort de pêche et le taux de capture (Savard 2011). Les échantillons des prises commerciales permettent l'estimation du nombre de crevettes récoltées par classe de taille et par stade de maturité sexuelle. Des indices de biomasse sont calculés en utilisant une méthode géostatistique à partir des données du relevé de chalutage annuel (Savard et Bourdages 2011). Les échantillons des prises du relevé permettent l'estimation de l'abondance des crevettes par classe de taille et par stade de maturité sexuelle.

De façon générale, le taux de capture de la pêche commerciale et l'indice de biomasse du relevé de recherche sont cohérents et sont considérés comme de bons indices de l'abondance des crevettes.

CYCLE VITAL ET DISPONIBILITÉ SAISONNIÈRE DES CREVETTES

La crevette nordique, *Pandalus borealis*, est une espèce hermaphrodite protérandrique, c'est-à-dire que les individus atteignent d'abord la maturité sexuelle mâle puis changent de sexe et deviennent femelles (Figure 2). Cette caractéristique du cycle vital est très importante pour le développement de stratégies de récolte et de gestion puisque les individus de grande taille qui sont ciblés par la pêche sont presque exclusivement des femelles.

Dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, les larves de crevette éclosent au printemps, en avril ou mai et demeurent pélagiques pour quelques mois (Figure 2). À la fin de l'été, les post-larves adoptent un comportement supra-benthique. Les juvéniles atteignent la maturité sexuelle en tant

1990 in the Estuary and the northern Gulf of St. Lawrence from a DFO vessel and is used to assess the abundance of many species including shrimp. The weight of the shrimp catch is noted at each station and a sample is collected to determine the species, maturity stage and size of individuals.

The commercial fishery statistics are used to estimate the fishing effort and catch rates (Savard 2011). The samples from the commercial catches allow the estimation of the number of shrimp by size class and maturity stage. Biomass indices are estimated with a geostatistical method from the annual research survey data (Savard and Bourdages 2011). The samples from the survey catches allow the estimation of the abundance of shrimp by size class and maturity stage.

In general, the catch rates from the commercial fishery and the biomass index from the research survey are consistent and are considered as good indices of the shrimp abundance.

LIFE CYCLE AND SEASONAL AVAILABILITY OF SHRIMP

The northern shrimp, *Pandalus borealis*, is a hermaphroditic proterandrous species, that is, the individuals first attain male sexual maturity then change sex and become females (Figure 2). This life cycle characteristic is very important for developing harvest and management strategies since the large individuals that are targeted by the fishery are almost exclusively females.

In the Estuary and Gulf of St. Lawrence, shrimp larvae hatch in the spring, in April or May, and remain pelagic for several months (Figure 2). At the end of the summer, the larvae adopt a supra-benthic behaviour. The juveniles attain sexual maturity as male

que mâle pendant leur deuxième année. La reproduction a lieu à l'automne et les mâles peuvent se reproduire pour deux ou trois ans avant de changer de sexe. Le changement de sexe survient en hiver à l'âge de 4 ou 5 ans à une taille d'environ 21 mm (longueur de la carapace). Suite au changement de sexe les femelles sont facilement reconnaissables dans les prises commerciales du printemps et de l'été puisqu'elles ont conservé certains caractères sexuels mâles. Ces femelles appelées femelles primipares se reproduisent dès l'automne (en septembre ou octobre) suivant le changement de sexe. Les femelles portent leurs œufs fécondés sous l'abdomen pendant la période d'incubation qui dure environ 8 mois et les larves éclosent au printemps suivant en avril ou mai. Les femelles reproductrices qui survivent la reproduction sont appelées femelles multipares. Les femelles primipares et multipares peuvent être distinguées par des caractéristiques morphologiques différentes (épines sternales) qui disparaissent lorsque les femelles effectuent la mue pré-nuptiale. Les femelles peuvent se reproduire au moins deux fois et on estime la longévité des crevettes dans l'estuaire et le golfe à environ sept ans.

Les crevettes effectuent chaque année des migrations qui sont reliées à la reproduction. Vers la fin de l'automne et le début de l'hiver, les femelles œuvées entreprennent une migration vers les secteurs les moins profonds de leur aire de répartition. Au printemps, elles sont rassemblées sur les sites propices au relâchement des larves alors que les mâles sont toujours répartis sur l'ensemble du territoire. Les femelles effectuent une mue après l'éclosion des larves et se redistribuent sur les secteurs plus profonds du territoire. En été, la crevette nordique est associée à des profondeurs situées entre 200 et 300 m et à des températures entre 4 et 6 °C (Figure 3).

La capturabilité des femelles varie selon la saison. Les pêcheurs savent tirer profit de ces agrégations de femelles œuvées au printemps et à la fin de l'automne pour obtenir des

during their second year. Reproduction occurs in fall and males can reproduce for two or three years before changing sex. Sex change occurs in winter at the age of 4 or 5 years at a size of about 21 mm (length of the carapace). Following sex change females are easily recognized in the spring and summer commercial catches since they have retained some male sexual characteristics. These females called primiparous females and reproduce in the fall (in September or October) following the sex change. The females carry their fertilized eggs beneath the abdomen during the incubation period which lasts about 8 months. The larvae hatch the following spring. The spawning females that survive reproduction are called multiparous females. Primiparous and multiparous females can be distinguished by different morphological characteristics (sternal spines) which disappear when the females do the prenuptial moult just before mating. The females may reproduce at least twice and the lifespan of shrimp in the Estuary and the Gulf is estimated at about seven years.

Shrimp make annual migrations that are related to reproduction. In late fall and early winter, the egg bearing females undertake a migration to shallower areas within their distribution range. In spring, they are gathered on favourable sites for the release of larvae while the males remain spread out throughout the territory. The females moult after the larvae hatch and redistribute into the deeper areas of the territory. In summer, northern shrimp is associated with depths between 200 and 300 m and with temperature between 4 and 6 °C (Figure 3).

Female catchability varies with season. Fishermen know how to take advantage of these aggregations of egg-bearing females in spring to obtain high yields (Figure 4). Catch

rendements élevés (Figure 4). Les taux de capture se stabilisent à la fin du printemps quand l'éclosion des larves est terminée et que les pêcheurs se répartissent sur le territoire. En été, les captures sont composées de mâles et de femelles et les taux de capture sont plutôt stables sans tendance à l'augmentation ou à la baisse.

INDICATEUR PRINCIPAL DE L'ÉTAT D'UN STOCK

L'évaluation des stocks est descriptive et porte sur l'examen des indices provenant de la pêche commerciale et du relevé de recherche. Ces deux sources de données sont indépendantes et permettent l'estimation de taux de capture ou de densités qui sont considérés comme de bons indices de l'abondance des crevettes. Comme les informations tirées de ces deux sources sont complètes et fiables, il a été décidé de les utiliser également (avec le même poids) dans la constitution de l'indicateur principal de l'état d'un stock. Cependant, en raison des variations saisonnières de la capturabilité l'estimation des indices de la pêche est restreinte à l'été (juin, juillet et août), saison durant laquelle la capturabilité des mâles et des femelles est considérée constante.

L'indicateur principal de l'état d'un stock sera utilisé comme référence pour la classification des zones (saine, de prudence et critique) de l'état du stock. Il est important d'utiliser des variables non redondantes dans l'estimation de l'indicateur principal afin de ne pas donner plus de poids à une source de données ou à une composante du stock. Auparavant, l'état de la ressource était déterminé par l'examen de divers indicateurs du succès de la pêche, de l'abondance des stocks ainsi que la productivité de la ressource (e.g. MPO 2003). Depuis 2009, on a restreint le nombre de variables avec lesquelles on estime l'indicateur principal pour ne conserver que celles qui peuvent être estimées par l'échantillonnage à la fois de la pêche commerciale et du relevé de recherche et qui ne sont pas redondantes entre elles (MPO 2011). L'indicateur principal est déterminé par l'abondance des mâles et des

rates stabilise at the end of spring when the hatching of larvae is finished and the fishermen spread out on the territory. In summer, catches are composed of males and females and catch rates are rather stable without an increasing or a decreasing trend.

MAIN STOCK STATUS INDICATOR

The stock assessment is descriptive and focuses on the review of indices from the commercial fishery and research survey. These two sources of data are independent and allow the estimation of catch rates or densities which are considered as good indices of shrimp abundance. As the information obtained from these two sources are complete and reliable, it was decided to use them both equally (with the same weight) in the constitution of the main indicator of the stock status. However, given the seasonal variations in catchability the estimation of the fishery indicators is restricted to summer (in June, July and August), the season during which catchability for males and females is considered constant.

The main indicator of the stock status will be used as reference for the classification of the zones (healthy, cautious and critical) of the stock status. It is important to use variables which are not redundant in the estimation of the main indicator in order not to give more weight to a data source or to a stock component. Previously, the status of the resource was determined by the examination of diverse indicators of the fishing success, the abundance of stocks as well as the productivity of the resource (e.g. DFO 2003). Since 2009, we restricted the number of variables with which we estimate the main indicator to keep only those which can be estimated by the sampling of both commercial fishery and research survey and which are not redundant between them (DFO 2011). The main indicator is determined by

femelles dans la pêche commerciale en été et dans le relevé de recherche du mois d'août. Les autres indicateurs (par exemple, prise par unité d'effort annuelle, biomasse du stock, taille des femelles) sont utilisés pour documenter la trajectoire d'un stock et les perspectives en termes d'abondance et de productivité.

Étant donné que la crevette nordique change de sexe, il est important de protéger à la fois les composantes mâle (recrutement à la composante femelle) et femelle (stock reproducteur) des stocks. Bien qu'aucune étude spécifique n'ait été réalisée, on assume que l'abondance des mâles n'est pas un facteur limitant le succès de la reproduction. La proportion de femelles reproductrices portant des œufs fécondés tôt au printemps avant l'éclosion des larves a toujours été très élevée (98 % ou plus dans la zone Sept-Îles depuis 1992). Cependant, la quantité de femelles recrues (primipares) à une année donnée dépend du nombre de mâles qui ont entrepris le processus de changement de sexe l'hiver précédent. L'abondance des femelles primipares est directement proportionnelle à l'abondance de tous les mâles de l'année précédente (Figure 5).

De même, l'abondance des femelles reproductrices au printemps peut être prédite à partir du stock reproducteur estimé l'été précédent (Figure 5). Le stock reproducteur estimé en été est composé des femelles primipares qui viennent de compléter le changement de sexe et des femelles multipares qui ont survécu à la reproduction et au relâchement des larves.

Des indices d'abondance des mâles et des femelles sont calculés à partir des indices pour chaque sexe obtenus de la pêche en été (nombre par unité d'effort pour juin, juillet et août) et du relevé de recherche (abondance) (Tableaux 2 à 5, Figure 6). La combinaison de ces indices constitue l'indicateur principal de l'état des stocks.

the abundance of males and females in the commercial fishery during summer and in the August research survey. Other indicators (for example, the annual catch per unit of effort, the biomass of the stock, the size of females) are used to document the trajectory of a stock and the perspectives in terms of abundance and productivity.

Given that the northern shrimp changes sex, it is important to protect at the same time the male (recruitment to the female component) and the female components (spawning stock) of the stocks. Although no specific study was realized, we assume that the abundance of males is not a factor limiting the success of reproduction. The proportion of reproductive females carrying fertilized eggs early in spring before the hatching of larvae had always been very high (98 % or more in the Sept-Îles area since 1992). However, the number of recruit females (primiparous) in a given year depends on the number of males which undertook the process of sex change in the previous winter. The abundance of primiparous females is directly proportional to the abundance of all males of the previous year (Figure 5).

Also, the abundance of the reproductive females in spring can be predicted from the estimation of the spawning stock of the previous summer (Figure 5). The spawning stock estimated in summer consists of primiparous females which have completed the sex change and of multiparous females which survive the reproduction and the release of larvae.

Male and female abundance indices are calculated from indices for each sex obtained from the fishery in summer (number per unit of effort in June, July, and August) and from the research survey (abundance) (Tables 2 to 5, Figure 6). The combination of these indices constitutes the main indicator of the stock status.

Afin de pouvoir les combiner, chaque indice est d'abord standardisé relativement à la période 1990-1999 (valeur annuelle de l'indice divisée par la moyenne géométrique de 1990-1999). Un indice intégré par sexe est obtenu en calculant la moyenne entre l'indice de la pêche et celui du relevé. L'indicateur combiné de l'état du stock représente la moyenne des indices intégrés par sexe (Figure 7). Les données des années 1980 proviennent exclusivement de la pêche commerciale. Le relevé de recherche a débuté en 1990 et il est difficile de trouver des données comparables pendant les années 1980. Toutefois, étant donné la bonne cohérence entre les données de la pêche et les données du relevé, on assume que l'utilisation d'une seule source de données de 1982 à 1989 n'entraîne pas de biais significatif quant à la trajectoire de l'état des stocks.

Les indicateurs sont basés sur des indices d'abondance exprimés en nombre. Pour un même débarquement, le nombre de crevettes récoltées est beaucoup plus élevé pour la zone Esquiman que pour l'Estuaire (Figure 8). Cette caractéristique est due au patron de pêche (importance de la pêche de printemps et choix des fonds de pêche) ainsi qu'à la taille des individus ciblés (la taille des femelles varie en suivant un gradient est-ouest, les plus petites étant observées dans le chenal Esquiman et les plus grandes dans l'Estuaire). Des indicateurs calculés en poids (par exemple, un taux de capture exprimé en kg/h) ne permettraient pas de tenir compte de ces particularités.

Jusqu'à 2010, l'évaluation des stocks consistait à examiner divers indices pour déterminer si les changements survenus dans l'état de la ressource justifiaient des ajustements à l'approche de conservation de la saison de pêche suivante. Les indicateurs étaient comparés à une moyenne portant sur plusieurs années pour évaluer leur tendance dans le temps et un TAC était recommandé en fonction de son impact attendu sur le taux d'exploitation. L'adoption de l'indicateur principal combinant les indices d'abondance des mâles et des femelles

To be able to combine them, each index is first standardized to the period 1990-1999 (annual value of the index divided by the geometric mean of 1990-1999). An integrated index by sex is obtained by calculating the average between the index of the fishery and that of the survey. The combined indicator of the status of the stock represents the average of the integrated indices by sex (Figure 7). The data of the 1980s result exclusively from the commercial fishery. The research survey began in 1990 and it is difficult to find comparable data during the 1980s. However, given the good consistency between the data of the fishery and the data of the survey, we assume that the use of a single source of data from 1982 to 1989 does not entail significant bias as for the trajectory of the stock status.

Indicators are based on abundance indices expressed in number. For a same landing, the number of harvested shrimp is much higher for the Esquiman area than for the Estuary (Figure 8). This characteristic is due to the fishing pattern (importance of spring fishing and choice of fishing grounds) and to the size of the targeted individuals (the size of females varies by following an east-west gradient, the smallest being observed in Esquiman Channel and the largest in the Estuary). Indicators calculated in weight (for example, a catch rate expressed in kg/hour) would not allow taking into account these peculiarities.

Up to 2010, the stock assessment consisted in examining diverse indices to determine if the changes occurring in the status of the resource justified adjustments to the conservation approach of the following fishing season. Indices were compared to a several year average to evaluate their trend over time and a TAC was recommended according to its expected impact on the exploitation rate. The adoption of the main indicator combining the abundance indices of males and females allows to reproduce this

permet de reproduire cette méthode empirique. En effet, un examen des TAC et des indicateurs de l'état des stocks montre que pour tous les stocks, le TAC adopté après la recommandation scientifique pour une saison de pêche donnée est directement proportionnel à l'indicateur de l'état du stock de l'année précédente (Figure 9). L'adoption de l'indicateur principal pour déterminer l'état d'un stock n'entraîne pas de changements majeurs dans l'approche d'indicateurs multiples utilisée jusqu'à récemment et maintient l'interprétation qu'on a faite de la trajectoire de chaque stock. Il sera utilisé comme référence pour déterminer les zones de classification de l'état d'un stock.

TRAJECTOIRE DES STOCKS

Les quatre stocks de crevettes ont montré sensiblement les mêmes tendances depuis 1982 (Figure 10). Dans les années 1980, la prédation était élevée et maintenait l'abondance des crevettes à un niveau plutôt faible relativement aux années 1990 et 2000. Ces changements dans le taux de prédation seraient supportés par les résultats de modèles d'équilibre de masse utilisés pour décrire les changements dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème du nord du golfe du Saint-Laurent depuis le milieu des années 1980 (Savenkoff *et al.* 2006). La forte diminution des biomasses des grandes espèces démersales et la chute résultante de leur prédation au milieu des années 1990 pourraient expliquer l'augmentation de l'abondance de la crevette nordique à la fin des années 1990. La crevette était parmi les principales proies et la prédation était la principale cause de mortalité de la crevette à chaque période de temps.

L'abondance des stocks a augmenté entre 1984 et 1990 alors que la morue, un des principaux prédateurs, était toujours abondante (Figure 10). Une ou deux classes d'âge produites au milieu des années 1980 étaient plus fortes que la moyenne et ont contribué à l'augmentation d'abondance jusqu'en 1990. Par la suite, le recrutement était faible et l'abondance a diminué

empirical method. Indeed, a review of the TACs and the stock status indicators shows that for all stocks, the TAC adopted after the scientific recommendation for a given fishing season is directly proportional to the stock status indicator of the preceding year (Figure 9). The adoption of the main indicator to determine the status of a stock does not lead to major changes in the approach of multiple indices used until recently and maintains the interpretation that was made of the trajectory of each stock. It will be used as reference to determine the classification zones of the status of a stock.

TRAJECTORY OF STOCKS

The four shrimp stocks showed appreciably the same trends since 1982 (Figure 10). In the 1980s, the predation was high and maintained the shrimp abundance at a level rather low relative to 1990s and 2000s. These changes in predation rate would be supported by the results of mass balance models used to describe the changes in the structure and the functioning in the ecosystem of the northern Gulf of St. Lawrence since the middle of the 1980s (Savenkoff *et al.* 2006). The strong decrease in the biomasses of the large groundfish species and the resultant fall of their predation in the middle of 1990s could explain the increase in the abundance of northern shrimp at the end of 1990s. Shrimp was among the main preys and the predation was the main cause of mortality of shrimp for each period of time.

The stock abundances increased between 1984 and 1990 while cod, one of the major predators, was still abundant (Figure 10). One or two year classes produced in the middle of 1980s was stronger than the average and contributed to the increase of abundance until 1990. Afterward, the recruitment was weak and the abundance

jusqu'en 1992 ou 1993 même si l'abondance de la morue diminuait. La période 1982-1992 est donc caractérisée par un recrutement sporadique et une mortalité par prédation élevée.

Les indicateurs ont augmenté à partir de 1993 probablement à cause d'une meilleure survie des cohortes due à la diminution de l'abondance des prédateurs. Des classes d'âge produites en 1990 et 1991 ont entraîné l'augmentation d'abondance observée entre 1993 et 1996. Par la suite, l'abondance des stocks a pu se maintenir à un niveau élevé grâce à la contribution successive de plusieurs classes d'âge (1993, 1994, 1995, 1997, 1999) dont l'abondance était plus élevée que la moyenne.

Les indices d'abondance ont augmenté sensiblement en 2003 alors que la classe d'âge très abondante de 1999 était recrutée à la composante femelle. Cette cohorte était très abondante simultanément dans tous les stocks et a eu un effet positif sur les indicateurs jusqu'en 2004. Par après, l'abondance des femelles est demeurée très élevée même si l'abondance des cohortes était de moyenne à faible. Il est possible qu'un changement dans les conditions hivernales ait affecté positivement la survie des femelles reproductrices après le relâchement des larves à partir de 2003. En effet, la mortalité totale des femelles a diminué entre 2003 et 2004 et est demeurée relativement faible depuis (Figure 11).

La contribution du stock parental au succès du recrutement est difficile à évaluer. Il semble que la production de classes d'âge très abondantes n'ait pas été déterminée par l'abondance du stock reproducteur. Les conditions printanières au moment de l'éclosion des larves ont vraisemblablement un impact déterminant sur la survie larvaire. Une étude examinant l'influence des conditions de surface de l'océan sur la variabilité du recrutement de la crevette nordique de quatre régions dont Sept-Îles et Esquiman a montré que pour les années 1998-2007, l'éclosion des larves est survenue après

decreased until 1992 or 1993 even if the abundance of cod was decreasing. The period 1982-1992 is thus characterized by a sporadic recruitment and a high mortality by predation.

Indicators increased from 1993 probably because of a better survival of the cohorts due to the decrease in the abundance of the predators. Year classes produced in 1990 and 1991 lead to the increase in abundance observed between 1993 and 1996. Afterward, the abundance of the stocks could remain at a high level because of the successive contribution of several year classes (1993, 1994, 1995, on 1997, 1999) whose abundance was higher than average.

The indices of abundance increased appreciably in 2003 while the very abundant 1999 year class was recruited to the female component. This cohort was very abundant simultaneously in all stocks and had a positive effect on the indicators until 2004. Thereafter, the abundance of females remained very high even if the abundance of the cohorts was of average to weak. It is possible that a change in the winter conditions affected positively the survival of the reproductive females after the release of larvae from 2003. Indeed, the total mortality of females decreased between 2003 and 2004 and remained relatively low since then (Figure 11).

The contribution of the parental stock to the success of the recruitment is difficult to estimate. It seems that the production of very abundant year class was not determined by the abundance of the spawning stock. The spring conditions at the time of the larval hatching have likely a decisive impact on the larval survival. A study examining the influence of the ocean surface conditions on the recruitment variability of the northern shrimp of four regions of which Sept-Îles and Esquiman showed that for the years 1998-2007, the hatching of larvae occurred after

l'initiation de la floraison printanière (Ouellet *et al.* 2010). Les résultats suggèrent qu'une meilleure survie larvaire est associée à un taux de réchauffement élevé de la couche de surface qui survient après l'éclosion. Cependant, dans les environnements très froids, une température chaude de la couche de surface au moment de l'éclosion a également un impact important. Les analyses indiquent aussi que la survie larvaire est favorisée par une floraison qui survient tôt, qui dure longtemps et qui atteint de hautes concentrations de chlorophylle *a*.

POINTS DE RÉFÉRENCE

Les points de référence ont été établis en suivant les principes directeurs du document du MPO intitulé *Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution* (MPO 2009b). La définition des zones de classification de l'état d'un stock exige la détermination d'un point de référence limite (PRL) qui délimite la zone critique et la zone de prudence ainsi que d'un point de référence supérieur (PRS) qui délimite la zone de prudence et la zone saine. Le PRL correspond à l'état d'un stock au-dessous duquel il risque de subir des dommages graves. Le PRS constitue un seuil au-dessous duquel il faut progressivement réduire la récolte pour éviter que le stock atteigne le PRL. Le PRS doit être fixé à une valeur assez élevée relativement au PRL pour donner le temps aux gestionnaires des pêches d'adopter des mesures de gestion efficaces et pour permettre au stock de répondre à ces mesures. Un troisième point de référence, le point de référence cible (PRC) peut être déterminé en fonction d'objectifs plus larges touchant la productivité de la ressource ou les facteurs socio-économiques de l'exploitation.

Les points de référence doivent être fondés sur les meilleures informations disponibles concernant la biologie du stock et son exploitation (MPO 2009). Étant donné que l'évaluation des stocks de crevette du golfe est descriptive et repose sur l'examen d'un

the initiation of the spring bloom (Ouellet *et al.* 2010). The results suggest that better larval survival is associated with a high rate of warming of the surface layer which occurs after the hatching. However, in very cold environments, a warm temperature of the surface layer at the time of the hatching also has an important impact. Analyses also indicate that the larval survival is favoured by a bloom which occurs early, which lasts for a long time and which reaches high concentrations of chlorophyll *a*.

REFERENCE POINTS

Reference points were established by following the guiding principles of the DFO document entitled *A fishery decision-making framework incorporating the Precautionary Approach* (MPO 2009b). The definition of the classification zones of the status of a stock requires the determination of a limit reference point (LRP) which delineates the critical and the cautious zone as well as an upper stock reference point (USR) which delineates the cautious and the healthy zone. The LRP corresponds to the status of a stock below which serious harm could occur to the stock. The USR constitutes a threshold below which it is necessary to gradually reduce the harvest to avoid that the stock reaches the LRP. The USR has to be set at a high enough value relative to the LRP to give time to the fishery managers to adopt effective management measures and to allow the stock to respond to these measures. A third reference point, the target reference point (TRP) can be determined according to wider objectives on the productivity of the resource or the socioeconomic factors of the exploitation.

Reference points have to be based on the best available information concerning the biology of the stock and its exploitation (DFO 2009). Given that the stock assessment of shrimp in the Gulf is descriptive and is based on the examination of a relative indicator of

indicateur relatif de l'abondance des stocks, il n'est pas possible avec les informations et les analyses disponibles, d'obtenir une estimation fiable de la biomasse qui peut supporter un rendement maximal durable (B_{RMD}). Il n'est donc pas possible d'estimer des points de référence et des règles de décision basés sur cette biomasse et sur la mortalité par la pêche (F_{RMD}). On peut toutefois adopter une approche analogue basée sur l'indicateur principal de l'état des stocks qui permet de déceler les conditions qui favorisent un stock sain ainsi que celles qui peuvent causer un dommage grave.

La période 1982-2010 est utilisée pour déterminer les points de référence. On croit important d'intégrer les données des années 1980 même si elles ne correspondent qu'à la pêche commerciale car elles nous permettent d'obtenir une perspective de l'état des stocks durant la période où l'abondance des prédateurs et donc, la mortalité par prédation, était élevée.

Point de référence limite

L'établissement du point de référence limite repose entièrement sur des considérations biologiques et vise à assurer la conservation de la ressource. Les stocks ont augmenté à partir d'un niveau d'abondance très faible deux fois durant la période étudiée, soit au milieu des années 1980 et au milieu des années 1990 (Figure 10). Dans les deux cas, l'augmentation était associée à la production de classes d'âge abondantes. Dans le premier cas, l'abondance des prédateurs était élevée et a probablement eu un impact majeur sur le niveau d'abondance maximal que les stocks ont pu atteindre. Dans le deuxième cas, les cohortes abondantes ont été produites au moment où l'abondance des prédateurs diminuait. Il semble donc que même à ces niveaux d'abondance faible, le stock reproducteur ait été suffisant pour produire des cohortes abondantes qui ont eu un impact décelable sur la condition des stocks. L'état des stocks correspondant à ces niveaux de faible abondance à partir desquels ils ont pu

the abundance of the stocks, it is not possible with the available information and analyses, to obtain a reliable estimation of the biomass which can support a maximal sustainable yield (B_{MSY}). Thus, it is not possible to estimate reference points and decision rules based on this biomass and on the fishing mortality (F_{MSY}). We can however adopt an analogous approach based on the main indicator of the stock status which allows detecting the conditions which favour a healthy stock as well as those who can cause a serious harm.

The 1982-2010 period is used to determine reference points. We consider important to integrate the data of the 1980s even if they correspond only to the commercial fishing because they allow us to obtain a perspective of the stock status during the period when the abundance of the predators and thus, the mortality by predation, was high.

Limit reference point

The establishment of the limit reference point relies completely on biological considerations and aims at insuring the conservation of the resource. The stocks increased twice from a very low level of abundance during studied period, in the middle of 1980s and in the middle of 1990s (Figure 10). In both cases, the increase was associated with the production of abundant year classes. In the first case, the abundance of the predators was high and had likely a major impact on the maximal level of abundance that the stocks were able to reach. In the second case, abundant cohorts were produced as the abundance of the predators was decreasing. Thus, it seems that even at these low abundance levels, the spawning stock was sufficient to produce abundant cohorts which had a detectable impact on the condition of the stocks. The stock status corresponding to these levels of low abundance from which they were able to

augmenter constitue le point de référence limite (PRL). La valeur du PRL est égale à la moyenne de l'indicateur minimal des deux périodes du début des années 1980 et 1990 (Figure 12) :

increase constitutes the limit reference point (LRP). The value of the LRP is equal to the average of the minimal indicator of the two periods of the beginning of 1980s and 1990 (Figure 12):

	Estuaire	Sept-Îles	Anticosti	Esquiman
Années où l'indicateur était minimal Years when the indicator was at a minimum	1986 & 1995	1982 & 1992	1984 & 1993	1983 & 1992
PRL / LRP	0,65	0,53	0,60	0,45

Propositions pour le point de référence supérieur et le point de référence cible

Le point de référence supérieur (PRS) et le point de référence cible (PRC) sont en principe déterminés par les gestionnaires des pêches qui doivent tenir compte des consultations avec les intervenants du milieu de la pêche ainsi que des conseils des scientifiques. Le PRS doit être fixé à un niveau assez élevé par rapport au PRL de façon à ce que la zone de prudence soit suffisamment grande pour permettre de déceler le déclin d'un stock et mettre en œuvre de mesures de gestion efficaces.

Proposals for the upper stock reference point and the target reference point

The upper stock reference point (USR) and the target reference point (TRP) are in principle determined by the fishery managers who must consider consultations with industry stakeholders as well as advice from scientists. The USR should be set at a level that is high enough so that the cautious zone is large enough to allow the detection of the decline of a stock and to adopt effective management measures.

La trajectoire de l'état des stocks montre que les stocks ont augmenté trois fois durant la période étudiée. Les deux derniers épisodes d'augmentation sont survenus alors que la mortalité par prédation était vraisemblablement faible. Ces deux périodes sont caractérisées par le recrutement de classes d'âge très abondantes. Cependant, depuis environ 2007, l'état des stocks diminue graduellement et les indices du taux d'exploitation augmentent (MPO 2011). Il est donc incertain que les niveaux d'abondance observés depuis 2003 puissent être maintenus. Par contre, les années 1996 à 2002 semblent correspondre à une période stable au cours desquelles les captures se sont avérées soutenables. L'état moyen des stocks correspondant à cette période productive et stable (1996-2002) constitue une approximation de la biomasse permettant un rendement maximal durable. La valeur du PRS est égale à 80 % de cette valeur. Le PRC devrait être supérieur au PRS et pourrait correspondre à

The stock status trajectory shows that stocks increased three times during the study period. The last two increase periods occurred while predation mortality was likely low. These two periods are characterized by the recruitment of very abundant year-classes. However, since about 2007, stock status has gradually decreased and exploitation rate indices have increased (DFO 2011). Thus, it is uncertain whether the abundance levels observed since 2003 can be maintained. However, the 1996-2002 period appears to represent a stable period during which catches proved to be sustainable. The average stock status for this productive and stable period (1996-2002) represents an approximation of the biomass allowing maximum sustainable yield. The USR value is 80% of this value. The TRP should be higher than the USR and could correspond to the average stock status for the 1996-2002 period (Figure 4):

l'état des stocks moyen de la période de 1996 à 2002 (Figure 4) :

	Estuaire	Sept-Îles	Anticosti	Esquiman
PRS / USR	1,12	1,33	1,18	1,34
PRC / TRP	1,40	1,66	1,48	1,68

CONCLUSIONS

Les points de référence ont été déterminés à partir de la meilleure information disponible basée sur l'indicateur principal de l'état des stocks. Étant donné que la crevette nordique change de sexe, il est important de considérer à la fois les mâles (recrutement à la composante femelle) et les femelles (stock reproducteur) dans la détermination de l'indicateur de l'état des stocks. Le PRL correspond au niveau d'abondance minimal à partir duquel les stocks ont pu augmenter même en présence de prédateurs. Cependant, le comportement des stocks dans la zone critique (abondance inférieure au PRL) est incertain puisque ce niveau d'abondance n'a pas été observé sur la période utilisée pour définir les points de référence.

Il est proposé de situer le PRS à un niveau qui détermine une zone de prudence suffisamment étendue pour donner la possibilité aux stocks de réagir aux mesures de gestion qui seraient mises en œuvre. Cependant, la valeur du PRS correspond à des abondances des stocks observées en absence de prédateurs. Si les biomasses des grandes espèces démersales dans le golfe revenaient aux valeurs élevées historiquement observées, une révision du PRS pourrait être nécessaire car il n'est pas certain que les stocks de crevette puissent atteindre des abondances aussi élevées sous un régime de prédation maximal. Finalement, il est suggéré d'établir le PRC à un niveau supérieur au PRS car ceci pourrait permettre d'adopter des mesures de gestion avant que les stocks n'atteignent la zone de prudence.

Pour mettre en œuvre l'approche de précaution dans la pêche à la crevette du golfe, des règles

CONCLUSIONS

Reference points were determined from the best information available based on the main stock status indicator. Since northern shrimp change sex, it is important to consider both males (recruitment to the female component) and females (spawning stock) in determining the stock status indicator. The LRP is the minimum level of abundance at which stocks were able to increase even in the presence of predators. However, stock behaviour in the critical zone (abundance lower than the LRP) is uncertain because this level of abundance has not been observed during the period used to determine the reference points.

It is proposed to position the USR at a level that determines a sufficiently large cautious zone to allow stocks to respond to management measures that may be implemented. However, the USR value corresponds to stock abundances observed in the absence of predators. If the biomasses of the large groundfish species were to return to the high values historically observed, a review of the USR could be necessary since it is not certain whether the shrimp stocks could reach abundance levels as high under maximum predation conditions. Finally, it is suggested to establish a TRP at a level higher than the USR since it could allow the implementation of management measures before stocks reach the cautious zone.

To implement the precautionary approach in the Gulf shrimp fishery, decision rules for the

de décision pour la détermination d'un TAC adéquat ainsi que de mesures de gestion particulières devront également être établies en fonction des zones de classification du stock. Lorsqu'un stock est dans un état sain, les considérations socio-économiques peuvent être privilégiées. Par contre, lorsque le stock est dans un état critique, les considérations pour la conservation de la ressource devront prévaloir.

En l'absence de modèle analytique permettant d'estimer la mortalité par la pêche, la règle de décision du TAC pourrait être empirique et basée sur la relation observée entre les indicateurs de l'état des stocks d'une année et les prélèvements de l'année suivante (Figure 13). Une modulation de cette relation en fonction des zones de classification des stocks permettrait de la rendre conforme à une approche de précaution.

REMERCIEMENTS

Sincères remerciements à Y. Lambert et A. Fréchet pour leurs commentaires.

determination of an adequate TAC as well as particular management measures should also be established according to the classification zones of the stock. When a stock is in healthy state, socioeconomic considerations can be privileged. On the other hand, when the stock is in a critical state, the considerations for the conservation of the resource will have to prevail.

In the absence of analytical model allowing the estimation of the fishing mortality, the TAC decision rule could be empirical and based on the relationship observed between the indicators of the stock status of one year and the harvest of the following year (Figure 13). A modulation of this relationship according to the classification zones of stocks would allow making it consistent with a precautionary approach.

ACKNOWLEDGMENTS

Sincere thanks to Y. Lambert and A. Fréchet for their comments.

RÉFÉRENCES

REFERENCES

- Duplisea, D. and Fréchet, A. 2011. Updated reference point estimates for northern Gulf of St. Lawrence (3Pn4RS) cod (*Gadus morhua*) based on revised beginning of year weights at age. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/003 iv + 8 p.
- DFO. 2003. Shrimp of the Estuary and Gulf of St. Lawrence in 2002. DFO Science Stock Status Report 2003/014.
- DFO. 2006. A Harvest Strategy Compliant with the Precautionary Approach. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2006/023.
- DFO. 2009a. Proceedings of the precautionary Approach Workshop on Shrimp and Prawn Stocks and Fisheries; November 26-27, 2008. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2008/031.
- DFO. 2009b. A fishery decision-making framework incorporating the Precautionary Approach. October 2011 version. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/peches-fisheries/fish-ren-peche/sff-cpd/precaution-eng.htm>
- DFO. 2011. Assessment of shrimp stocks in the Estuary and Gulf of St. Lawrence in 2010. DFO Can. Sci. Advis. Sec., Sci. Advis. Rep. 2011/006.
- MPO. 2003. La crevette de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent en 2002. MPO – Sciences, Rapport sur l'état des stocks 2003/014.
- MPO. 2006. Stratégie de pêche en conformité avec l'approche de précaution. Secr. Can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2006/023.
- MPO. 2009a. Compte rendu de l'atelier sur l'approche de précaution pour les stocks et pêcheries canadiens de crevette; 26-27 novembre 2008. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Compte rendu 2008/031.
- MPO. 2009b. Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution. Version octobre 2011. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/peches-fisheries/fish-ren-peche/sff-cpd/precaution-fra.htm>
- MPO. 2011. Évaluation des stocks de crevette de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent en 2010. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/006
- Ouellet, P., Fuentes-Yaco, C., Savard, L., Platt, T., Sathyendranath, S., Koeller, P., Orr, D., and Siegestad, H. 2010. Ocean surface characteristics influence recruitment variability of populations of northern shrimp (*Pandalus borealis*) in the Northwest Atlantic. – ICES Journal of Marine Science, 68: 737-744 doi:10.1093/icesjms/fsq174.
- Savard, L. 2011. Captures, effort et captures par unité d'effort de la pêche commerciale à la crevette nordique de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent entre 1982 et 2010. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2011/032. iv + 49 p.

-
- Savard, L. 2011. Catches, effort and catches per unit of effort of the northern shrimp commercial fishery in the Estuary and the northern Gulf of St. Lawrence from 1982 to 2010. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/032. iv + 49 p.
- Savard, L. et Bourdages H. 2011. Mise à jour de l'estimation de biomasse et d'abondance de la crevette nordique (*Pandalus borealis*) à partir du relevé de chalutage dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent en 2010. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2011/043. iv + 30 p.
- Savard, L. and Bourdages H. 2011. Update of the estimation of northern shrimp (*Pandalus borealis*) biomass and abundance from the trawl survey in the Estuary and the northern Gulf of St. Lawrence in 2010. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/043. iv + 30 p.
- Savenkoff, C., L. Savard, B. Morin, and D. Chabot. 2006. Main prey and predators of northern shrimp (*Pandalus borealis*) in the northern Gulf of St. Lawrence during the mid-1980s, mid-1990s, and early 2000s. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2639: v+28 pp.

Tableau 1. Débarquement (D) et total admissible de capture (TAC) par zone de pêche à la crevette :
Estuaire, ZPC 12; Sept-Îles, ZPC 10; Anticosti, ZPC 9; Esquiman, ZPC 8.

Table 1. Landing (L) and total of allowable catch (TAC) by shrimp fishing areas (SFA) : Estuary, SFA 12; Sept-Îles, SFA 10; Anticosti, SFA 9; Esquiman, SFA 8.

Année/Year	ZPC / SFA 12		ZPC / SFA 10		ZPC / SFA 9		ZPC / SFA 8		TOTAL	
	D / L	TAC	D / L	TAC	D / L	TAC	D / L	TAC	D / L	TAC
1965			11						11	
1966			95						95	
1967			278						278	
1968			271						271	
1969			273						273	
1970			413				159		572	
1971			393				691		1084	
1972			481				184		665	
1973			1273				520		1793	
1974			1743		980		594		3317	
1975			2135		1025		1368		4528	
1976			1841		1310		1494		4645	
1977			2746		1185		1249		5180	
1978			2526		1460		2166		6152	
1979			3207		1108		3226		7541	
1980	539		2978		1454		2441		7412	
1981	27		3680		1385		3014		8106	
1982	152	500	3774	3800	2464	4400	2111	4200	8501	12900
1983	158	500	3647	3800	2925	5000	2242	6000	8972	15300
1984	248	500	4383	4800	1336	5000	1578	6000	7545	16300
1985	164	500	4399	4600	2786	3400	1421	6000	8770	14500
1986	262	500	4216	4600	3340	3500	1592	3500	9410	12100
1987	523	500	5411	5600	3422	3500	2685	3500	12041	13100
1988	551	500	6047	5600	2844	3500	4335	3500	13777	13100
1989	629	500	6254	5700	4253	4200	4614	4500	15750	14900
1990	507	500	6839	6400	4723	4200	3303	4700	15372	15800
1991	505	500	6411	6400	4590	5000	4773	4700	16279	16600
1992	489	500	4957	6400	4162	5000	3149	4700	12757	16600
1993	496	500	5485	6400	4791	5000	4683	4700	15455	16600
1994	502	500	6165	6400	4854	5000	4689	4700	16210	16600
1995	486	500	6386	6400	4962	5000	4800	4700	16634	16600
1996	505	500	7014	7040	5469	5500	5123	5170	18111	18210
1997	549	550	7737	7744	6058	6050	5957	5687	20301	20031
1998	634	633	8981	8966	6932	7004	6554	6584	23101	23187
1999	646	633	9239	8966	7022	7004	6732	6584	23639	23187
2000	739	709	10160	10042	7941	7844	7396	7374	26236	25969
2001	832	786	10965	11136	5399	8700	7815	8178	25011	28800
2002	799	786	11493	11136	8638	8700	8250	8178	29180	28800
2003	796	802	11357	11360	8742	8874	6773	6674	27668	27710
2004	1033	995	15932	15611	10429	10226	8593	8502	35987	35334
2005	1001	995	12793	15611	8047	10226	8867	9351	30708	36183
2006	1029	995	15312	15611	8754	10226	8957	9351	34052	36183
2007	1022	995	15645	15611	10180	10226	9208	9352	36055	36184
2008	1017	1020	15972	15995	9635	10478	9110	9409	35734	36902
2009	993	1018	15873	15970	9644	10461	9473	9567	35983	37016
2010	906	917	15756	15969	10099	10461	9541	9567	36302	36914

Tableau 2. Indices d'abondance et indices standardisés pour les mâles et les femelles, de la pêche en été et du relevé, indices combinés par sexe et indicateur principal de l'état du stock pour la zone de pêche Estuaire.

Table 2. Abundance indices and standardized indices for males and females, from the summer fishery and from the survey, combined indices by sex and main indicator of the stock status for Estuary fishing area.

Estuaire / Estuary	NUE mâles été NUE males summer (n/h)	NUE mâles été NUE males summer Standardisé / Standardized	Mâles relevé Males survey (millions)	Mâles relevé Males survey Standardisé / Standardized	Indice combine Combined index MÂLES / MALES	NUE femelles été NUE females summer (n/h)	NUE femelles été NUE females summer Standardisé / Standardized	Femelles relevé Females survey (millions)	Femelles relevé Females survey Standardisé / Standardized	Indice combine Combined index FEMELLES / FEMALES	INDICATEUR PRINCIPAL MAIN INDICATOR
1982	6410	0.81			0.81	3090	0.22			0.22	0.51
1983	8382	1.06			1.06	1837	0.13			0.13	0.59
1984											
1985											
1986	5432	0.69			0.69	3085	0.22			0.22	0.45
1987	5452	0.69			0.69	3096	0.22			0.22	0.45
1988	7073	0.90			0.90	4017	0.28			0.28	0.59
1989											
1990			156	2.87	2.87			115	1.28	1.28	2.08
1991			26	0.49	0.49			196	2.18	2.18	1.33
1992	3078	0.39	87	1.59	0.99	3729	0.26	128	1.43	0.84	0.92
1993	3731	0.47	85	1.56	1.56	4520	0.32	92	1.03	1.03	1.29
1994	2684	0.34	87	1.60	0.97	2292	0.16	163	1.82	0.99	0.98
1995	12818	1.62	40	0.73	1.18	12184	0.85	20	0.22	0.53	0.85
1996	3792	0.48	86	1.58	1.03	8503	0.59	225	2.51	1.55	1.29
1997	5561	0.70	48	0.89	0.80	18271	1.27	132	1.47	1.37	1.09
1998	12567	1.59	25	0.45	1.02	17602	1.23	49	0.54	0.88	0.95
1999	9029	1.14	118	2.17	1.66	18161	1.27	204	2.28	1.77	1.72
2000	20678	2.62	114	2.09	2.36	17051	1.19	256	2.86	2.03	2.19
2001	19905	2.52	18	0.32	1.42	7577	0.53	162	1.80	1.17	1.29
2002	16938	2.15	20	0.36	1.25	18017	1.26	125	1.39	1.33	1.29
2003	11310	1.43	219	4.02	2.73	24492	1.71	270	3.02	2.36	2.54
2004	14891	1.89	62	1.13	1.51	20546	1.43	238	2.65	2.04	1.78
2005	20538	2.60	29	0.54	1.57	32561	2.27	222	2.47	2.37	1.97
2006	27833	3.53	28	0.52	2.02	26271	1.83	164	1.83	1.83	1.93
2007	20939	2.65	141	2.59	2.62	24815	1.73	226	2.52	2.13	2.37
2008	28080	3.56	19	0.34	1.95	24188	1.69	222	2.47	2.08	2.02
2009	15311	1.94	43	0.79	1.36	16569	1.16	133	1.48	1.32	1.34
2010	10790	1.37	79	1.46	1.41	24406	1.70	129	1.44	1.57	1.49

Tableau 3. Indices d'abondance et indices standardisés pour les mâles et les femelles, de la pêche en été et du relevé, indices combinés par sexe et indicateur principal de l'état du stock pour la zone de pêche Sept-Îles.

Table 3. Abundance indices and standardized indices for males and females, from the summer fishery and from the survey, combined indices by sex and main indicator of the stock status for Sept-Îles fishing area.

Sept-Îles	NUE mâles été NUE males summer (n/h)	NUE mâles été NUE males summer Standardisé / Standardized	Mâles relevé Males survey (millions)	Mâles relevé Males survey Standardisé / Standardized	Indice combine Combined index MÂLES / MALES	NUE femelles été NUE females summer (n/h)	NUE femelles été NUE females summer Standardisé / Standardized	Femelles relevé Females survey (millions)	Femelles relevé Females survey Standardisé / Standardized	Indice combine Combined index FEMELLES / FEMALES	INDICATEUR PRINCIPAL MAIN INDICATOR
1982	6218	0.54			0.54	3130	0.46			0.46	0.50
1983	9593	0.84			0.84	4036	0.59			0.59	0.71
1984	7036	0.62			0.62	3144	0.46			0.46	0.54
1985	7680	0.67			0.67	4515	0.66			0.66	0.67
1986	10579	0.93			0.93	4287	0.63			0.63	0.78
1987	13126	1.15			1.15	4282	0.63			0.63	0.89
1988	9846	0.86			0.86	4307	0.63			0.63	0.75
1989	7431	0.65			0.65	4832	0.71			0.71	0.68
1990	13033	1.14	2258	0.68	0.91	6488	0.95	1813	0.87	0.91	0.91
1991	10631	0.93	3871	1.17	1.05	5705	0.83	2278	1.09	0.96	1.01
1992	6950	0.61	2111	0.64	0.62	3734	0.55	960	0.46	0.50	0.56
1993	6206	0.54	2892	0.88	0.71	4455	0.65	1263	0.60	0.63	0.67
1994	8593	0.75	3289	1.00	0.88	4415	0.64	1917	0.92	0.78	0.83
1995	12431	1.09	2917	0.88	0.99	8512	1.24	1706	0.81	1.03	1.01
1996	14695	1.29	3016	0.91	1.10	10278	1.50	2665	1.27	1.39	1.24
1997	16114	1.41	4936	1.50	1.45	9988	1.46	2828	1.35	1.40	1.43
1998	14056	1.23	3439	1.04	1.14	9427	1.38	4194	2.00	1.69	1.41
1999	17667	1.55	5792	1.76	1.65	10172	1.48	3110	1.49	1.49	1.57
2000	19479	1.71	6526	1.98	1.84	12040	1.76	5326	2.55	2.15	2.00
2001	14165	1.24	8550	2.59	1.92	12200	1.78	3501	1.67	1.73	1.82
2002	17964	1.57	6656	2.02	1.80	16474	2.40	5541	2.65	2.53	2.16
2003	20186	1.77	17554	5.32	3.55	16142	2.36	8981	4.29	3.32	3.44
2004	19820	1.74	8513	2.58	2.16	20841	3.04	7711	3.68	3.36	2.76
2005	25563	2.24	6277	1.90	2.07	21252	3.10	6496	3.10	3.10	2.59
2006	21537	1.89	3804	1.15	1.52	23086	3.37	6132	2.93	3.15	2.34
2007	25051	2.19	6167	1.87	2.03	23122	3.38	7247	3.46	3.42	2.73
2008	29805	2.61	5619	1.70	2.16	18174	2.65	6531	3.12	2.89	2.52
2009	23512	2.06	7931	2.41	2.23	19439	2.84	4309	2.06	2.45	2.34
2010	35689	3.13	5937	1.80	2.46	15438	2.25	5270	2.52	2.39	2.42

Tableau 4. Indices d'abondance et indices standardisés pour les mâles et les femelles, de la pêche en été et du relevé, indices combinés par sexe et indicateur principal de l'état du stock pour la zone de pêche Anticosti.

Table 4. Abundance indices and standardized indices for males and females, from the summer fishery and from the survey, combined indices by sex and main indicator of the stock status for Anticosti fishing area.

Anticosti	NUE mâles été NUE males summer (n/h)	NUE mâles été NUE males summer Standardisé / Standardized	Mâles relevé Males survey (millions)	Mâles relevé Males survey Standardisé / Standardized	Indice combine Combined index MÂLES / MALES	NUE femelles été NUE females summer (n/h)	NUE femelles été NUE females summer Standardisé / Standardized	Femelles relevé Females survey (millions)	Femelles relevé Females survey Standardisé / Standardized	Indice combine Combined index FEMELLES / FEMALES	INDICATEUR PRINCIPAL MAIN INDICATOR
1982	12334	0.84			0.84	4717	0.68			0.68	0.76
1983	11196	0.76			0.76	4717	0.68			0.68	0.72
1984	7184	0.49			0.49	4232	0.61			0.61	0.55
1985	9799	0.67			0.67	3767	0.55			0.55	0.61
1986	11664	0.79			0.79	5187	0.75			0.75	0.77
1987	13179	0.90			0.90	5191	0.75			0.75	0.82
1988	11424	0.78			0.78	4086	0.59			0.59	0.68
1989	15105	1.03			1.03	6201	0.90			0.90	0.96
1990	14791	1.01	4849	1.38	1.19	8300	1.20	2145	1.15	1.17	1.18
1991	12947	0.88	1948	0.55	0.72	8099	1.17	1459	0.78	0.98	0.85
1992	9171	0.62	2926	0.83	0.73	6142	0.89	1251	0.67	0.78	0.75
1993	12722	0.86	2646	0.75	0.81	5363	0.78	671	0.36	0.57	0.69
1994	15489	1.05	1886	0.54	0.79	5059	0.73	919	0.49	0.61	0.70
1995	19664	1.34	4850	1.38	1.36	5600	0.81	2680	1.43	1.12	1.24
1996	15265	1.04	7382	2.10	1.57	6283	0.91	4766	2.55	1.73	1.65
1997	16949	1.15	5848	1.66	1.41	7889	1.14	2602	1.39	1.27	1.34
1998	14148	0.96	2603	0.74	0.85	8068	1.17	2561	1.37	1.27	1.06
1999	19063	1.30	3907	1.11	1.20	9689	1.41	2558	1.37	1.39	1.29
2000	19127	1.30	4953	1.41	1.35	7868	1.14	4006	2.14	1.64	1.50
2001	24819	1.69	3601	1.02	1.35	11033	1.60	2423	1.29	1.45	1.40
2002	24023	1.63	7989	2.27	1.95	9636	1.40	3896	2.08	1.74	1.85
2003	25941	1.76	12619	3.58	2.67	13339	1.93	6736	3.60	2.77	2.72
2004	19832	1.35	7066	2.01	1.68	16194	2.35	5149	2.75	2.55	2.11
2005	34689	2.36	6315	1.79	2.08	19288	2.80	6438	3.44	3.12	2.60
2006	37735	2.57	4319	1.23	1.90	20759	3.01	3781	2.02	2.52	2.21
2007	28679	1.95	8122	2.31	2.13	21679	3.14	7219	3.86	3.50	2.81
2008	38698	2.63	4793	1.36	2.00	22896	3.32	2835	1.52	2.42	2.21
2009	41008	2.79	9963	2.83	2.81	24749	3.59	3257	1.74	2.66	2.74
2010	40382	2.74	6475	1.84	2.29	25099	3.64	3251	1.74	2.69	2.49

Tableau 5. Indices d'abondance et indices standardisés pour les mâles et les femelles, de la pêche en été et du relevé, indices combinés par sexe et indicateur principal de l'état du stock pour la zone de pêche Esquiman.

Table 5. Abundance indices and standardized indices for males and females, from the summer fishery and from the survey, combined indices by sex and main indicator of the stock status for Esquiman fishing area.

Esquiman	NUE mâles été NUE males summer (n/h)	NUE mâles été NUE males summer Standardisé / Standardized	Mâles relevé Males survey (millions)	Mâles relevé Males survey Standardisé / Standardized	Indice combine Combined index MÂLES / MALES	NUE femelles été NUE females summer (n/h)	NUE femelles été NUE females summer Standardisé / Standardized	Femelles relevé Females survey (millions)	Femelles relevé Females survey Standardisé / Standardized	Indice combine Combined index FEMELLES / FEMALES	INDICATEUR PRINCIPAL MAIN INDICATOR
1982	12748	0.50			0.50	5850	0.55			0.55	0.52
1983	7345	0.29			0.29	4475	0.42			0.42	0.35
1984	9967	0.39			0.39	5506	0.51			0.51	0.45
1985	8163	0.32			0.32	5087	0.47			0.47	0.40
1986	5962	0.24			0.24	6536	0.61			0.61	0.42
1987	18844	0.75			0.75	3653	0.34			0.34	0.54
1988	18616	0.74			0.74	5186	0.48			0.48	0.61
1989	18517	0.73			0.73	9908	0.92			0.92	0.83
1990	20064	0.79	1661	0.82	0.81	10086	0.94	1394	1.23	1.08	0.95
1991	19842	0.78	1214	0.60	0.69	6912	0.64	978	0.86	0.75	0.72
1992	19208	0.76	630	0.31	0.54	5993	0.56	660	0.58	0.57	0.55
1993	24380	0.96	866	0.43	0.70	6464	0.60	358	0.32	0.46	0.58
1994	21467	0.85	1470	0.73	0.79	10300	0.96	716	0.63	0.80	0.79
1995	22999	0.91	2679	1.32	1.12	10870	1.01	1366	1.20	1.11	1.11
1996	30059	1.19	3194	1.58	1.38	11962	1.11	1206	1.06	1.09	1.24
1997	31459	1.24	6490	3.21	2.23	16964	1.58	2790	2.46	2.02	2.12
1998	39207	1.55	3097	1.53	1.54	14931	1.39	1807	1.59	1.49	1.52
1999	31258	1.24	4109	2.03	1.63	22057	2.06	1845	1.63	1.84	1.74
2000	43171	1.71	4015	1.99	1.85	19849	1.85	2135	1.88	1.87	1.86
2001	49769	1.97	4606	2.28	2.12	23347	2.18	1922	1.69	1.93	2.03
2002	39846	1.58	1739	0.86	1.22	18864	1.76	907	0.80	1.28	1.25
2003	41493	1.64	8043	3.98	2.81	23705	2.21	4298	3.79	3.00	2.90
2004	53993	2.14	3738	1.85	1.99	36442	3.40	3419	3.01	3.21	2.60
2005	59315	2.35	4880	2.41	2.38	40327	3.76	3912	3.45	3.60	2.99
2006	78049	3.09	7161	3.54	3.31	42326	3.94	3667	3.23	3.59	3.45
2007	70008	2.77	5885	2.91	2.84	38407	3.58	2241	1.98	2.78	2.81
2008	71495	2.83	4937	2.44	2.63	42852	3.99	2198	1.94	2.97	2.80
2009	70187	2.78	5369	2.66	2.72	33156	3.09	2527	2.23	2.66	2.69
2010	73994	2.93	3632	1.80	2.36	31678	2.95	2468	2.18	2.56	2.46

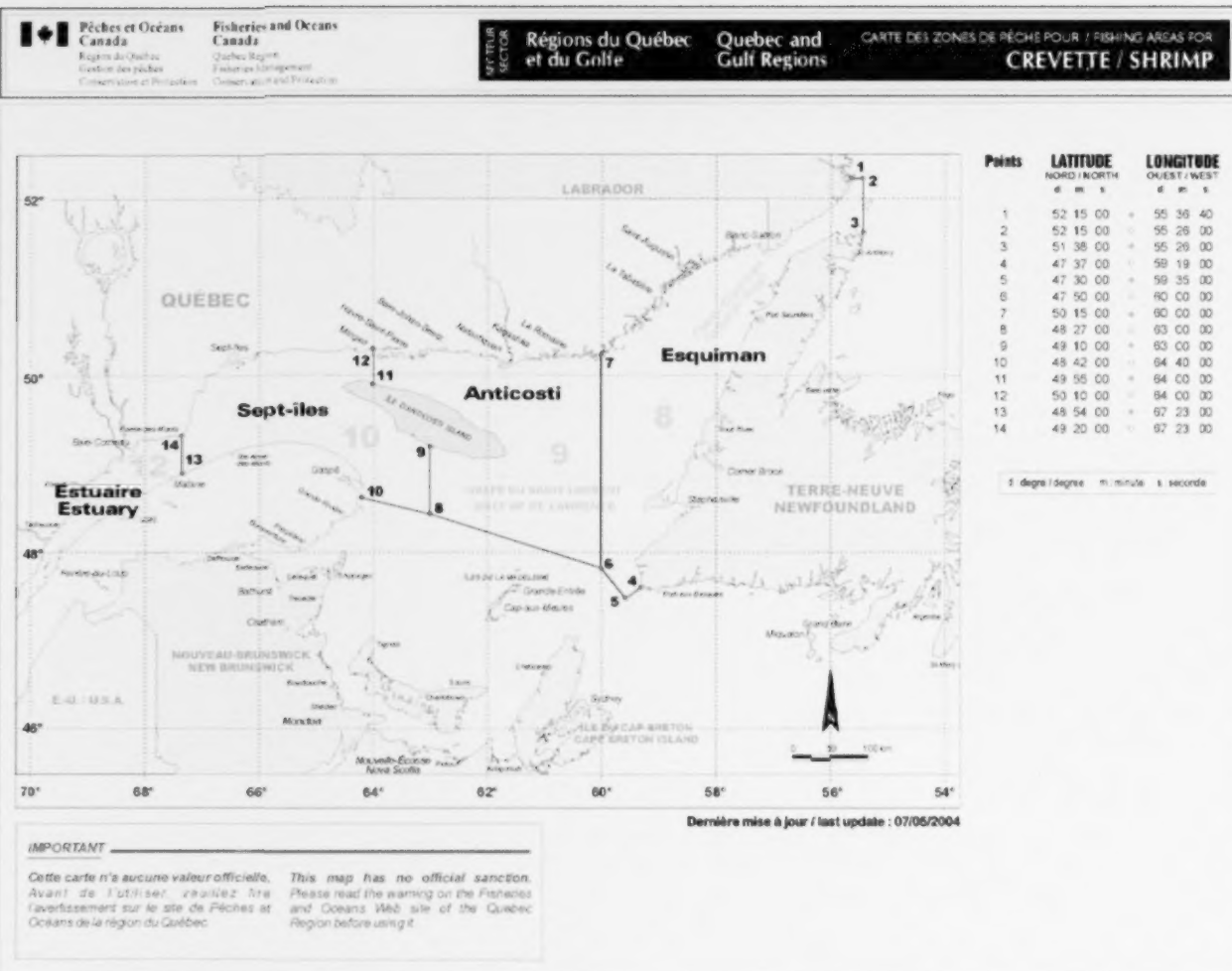


Figure 1. Zones de pêche à la crevette (ZPC) dans le nord du golfe du Saint-Laurent : Estuaire, ZPC 12; Sept-Îles, ZPC 10; Anticosti, ZPC 9; Esquiman, ZPC 8. Shrimp fishing areas (SFA) in the Northern Gulf of St. Lawrence: Estuaire, SFA 12; Sept-Îles, SFA 10; Anticosti, SFA 9; Esquiman, SFA 8.

PRINTEMPS / SPRING		ÉTÉ / SUMMER			AUTOMNE / FALL			HIVER / WINTER			
A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
Age											
0	ÉCLOSION / HATCHING	Larves / Larvae			Post-larves / Post-larvae						
1	Juvéniles / Juveniles										
2	Mâles / Males				REPRODUCTION		Mâles / Males				
3	Mâles / Males				REPRODUCTION		Mâles / Males				
4	Mâles / Males				REPRODUCTION		CHANGEMENT DE SEXE / SEX CHANGE				
5	Femelles primipares / Primiparous females				PONTE / SPAWNING		Femelles oeuvées / Berried females				
6	ÉCLOSION / HATCHING	Femelles multipares / Multiparous females			PONTE / SPAWNING		Femelles oeuvées / Berried females				
7	ÉCLOSION / HATCHING										

Figure 2. Cycle vital de la crevette nordique dans le golfe du Saint-Laurent.
Figure 2. Life cycle of northern shrimp in the Gulf of St. Lawrence.

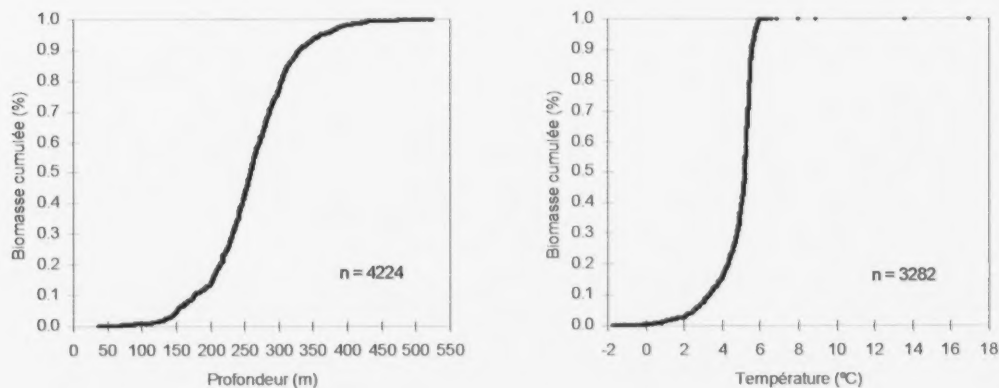


Figure 3. Biomasse cumulée de crevette nordique en fonction de la profondeur et de la température des stations échantillonnées pendant les relevés de chalutage de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent de 1990 à 2010.

Figure 3. Cumulative biomass of northern shrimp in relation to depth and temperature at stations that were sampled on the research surveys conducted in the Estuary and the northern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2010.

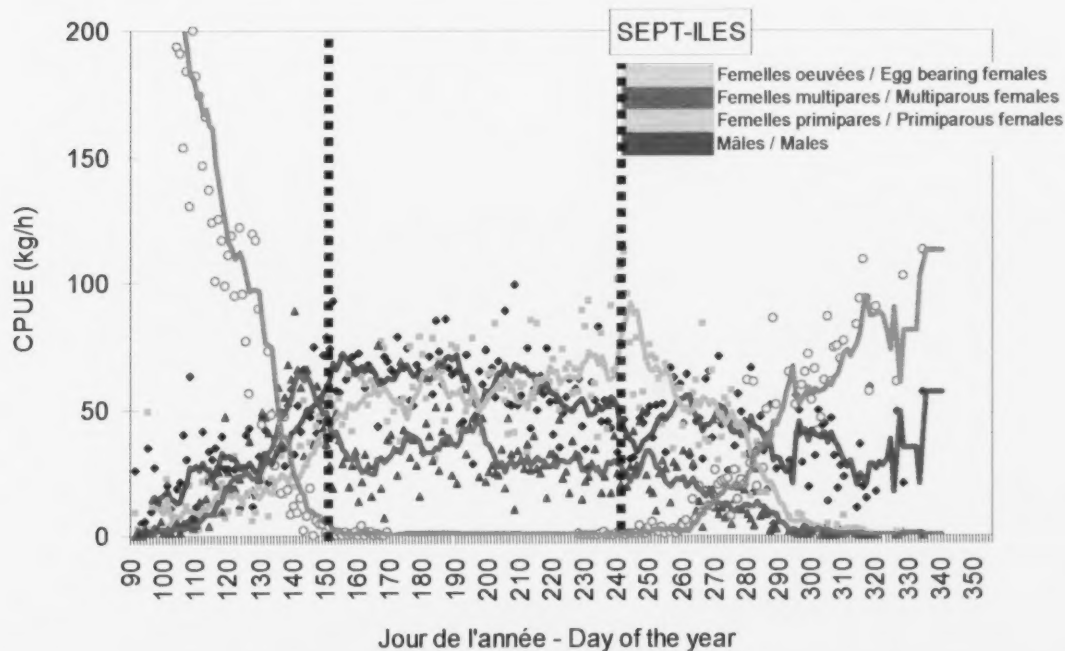


Figure 4. Taux de capture des différents stades de maturité par jour de l'année et moyenne mobile sur 7 jours. Données de l'échantillonnage commercial (1982-2009).

Figure 4. Catch rates for different maturity stages by day of the year and 7 day moving average. Data from the commercial sampling (1982-2009).

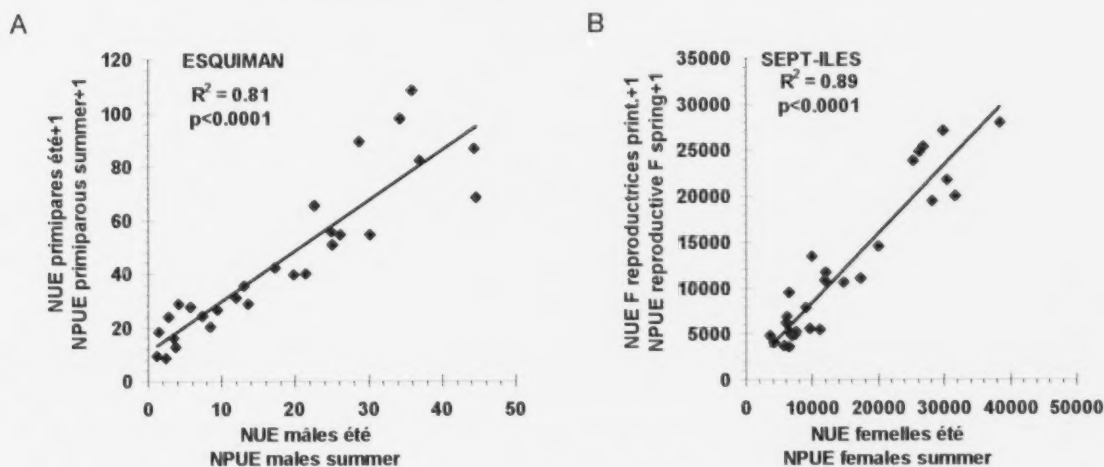


Figure 5. A) Nombre par unité d'effort (n/h) des mâles en été et des femelles primipares l'été suivant. B) Nombre par unité d'effort (n/h) de toutes les femelles en été et des femelles reproductrices le printemps suivant.

Figure 5. A) Number per unit of effort (n/h) for males in summer and for primiparous females the following summer. B) Number per unit of effort (n/h) for all females in summer and for reproductive females the following spring.

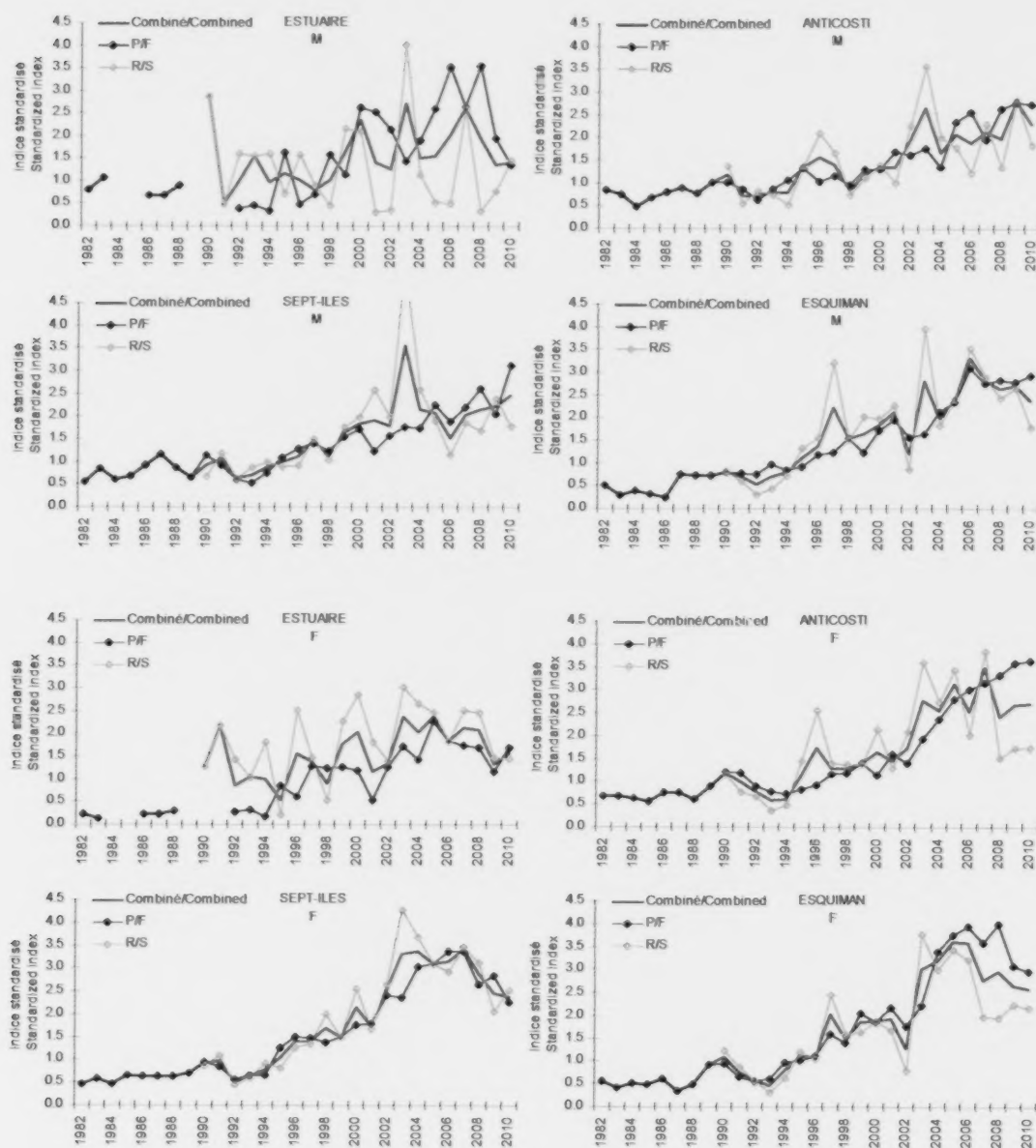


Figure 6. Indices standardisés pour les mâles et les femelles et indice combiné par sexe. P : indice de la pêche; R : indice du relevé.

Figure 6. Standardized indices for males and females and combined index by sex. F: fishery index; S: survey index.

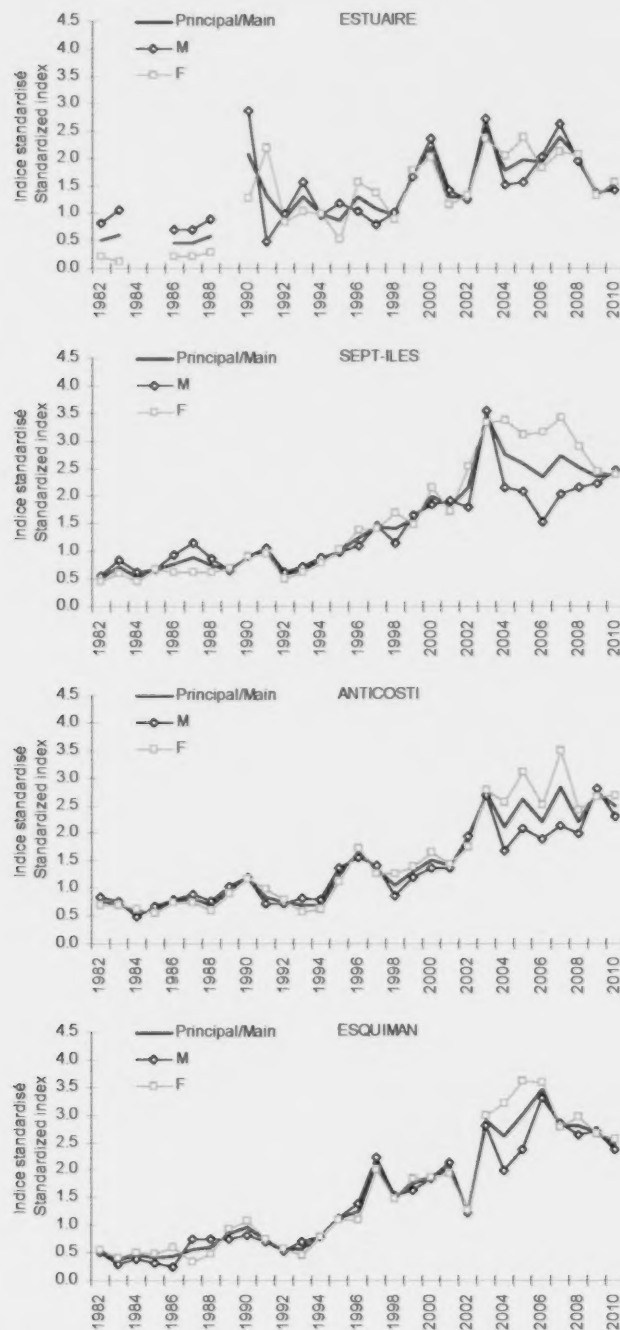


Figure 7. Indices combinés par sexe et indicateur principal de l'état des stocks. M : mâles; F : femelles.

Figure 7. Combined indices by sex and main indicator of the status of the stocks. M : males; F : females.

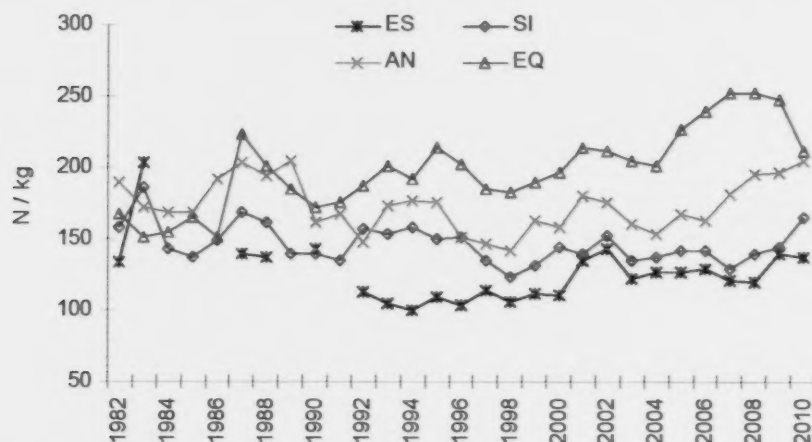


Figure 8. Nombre d'individus par kilogramme de débarquement.
Figure 8. Number of individuals per kilogram of landing.

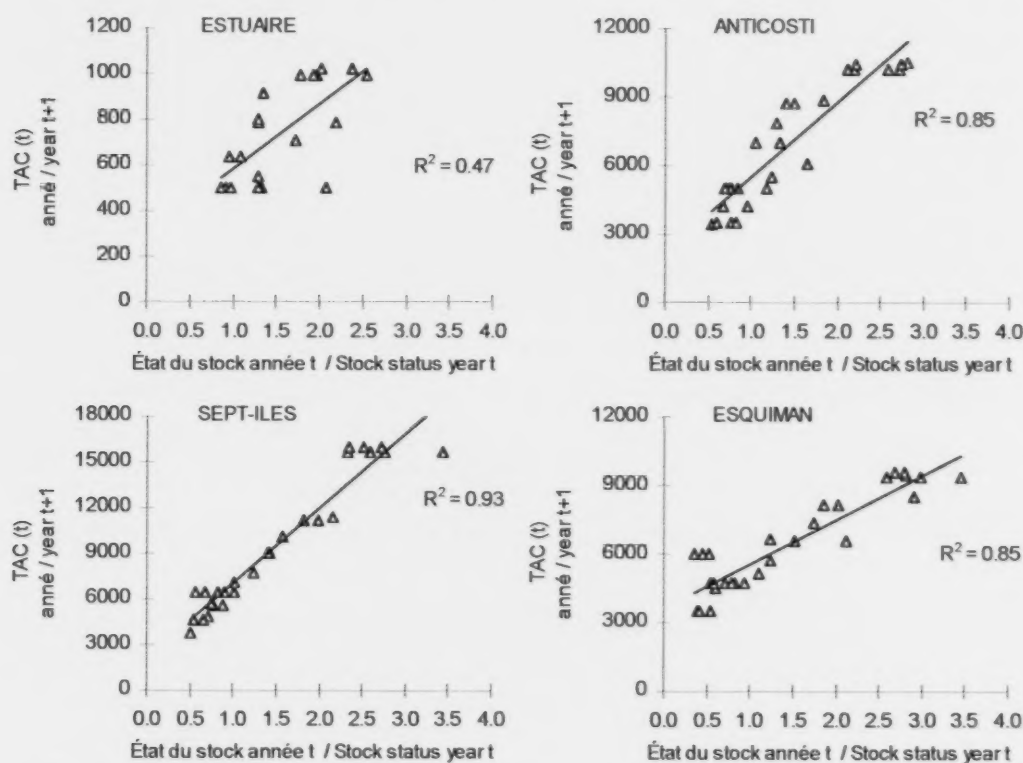


Figure 9. Relation entre l'état du stock une année donnée et les TAC adoptés l'année suivante après la recommandation scientifique.
Figure 9. Relationship between the stock status of a given year and the TAC adopted the following year after the scientific recommendation.

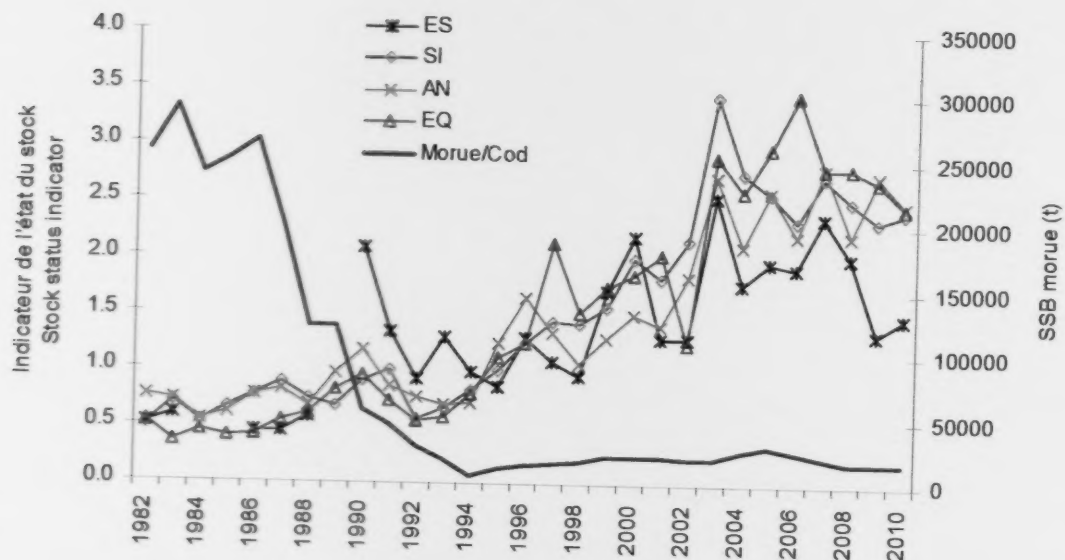


Figure 10. Indicateur principal de l'état des stocks de crevette et biomasse reproductrice (SSB) de la morue du nord du golfe (Tiré de Duplisea et Fréchet 2011).

Figure 10. Main indicator of the status of the shrimp stocks and northern Gulf cod spawning stock biomass (SSB) (from Duplisea et Fréchet 2011).

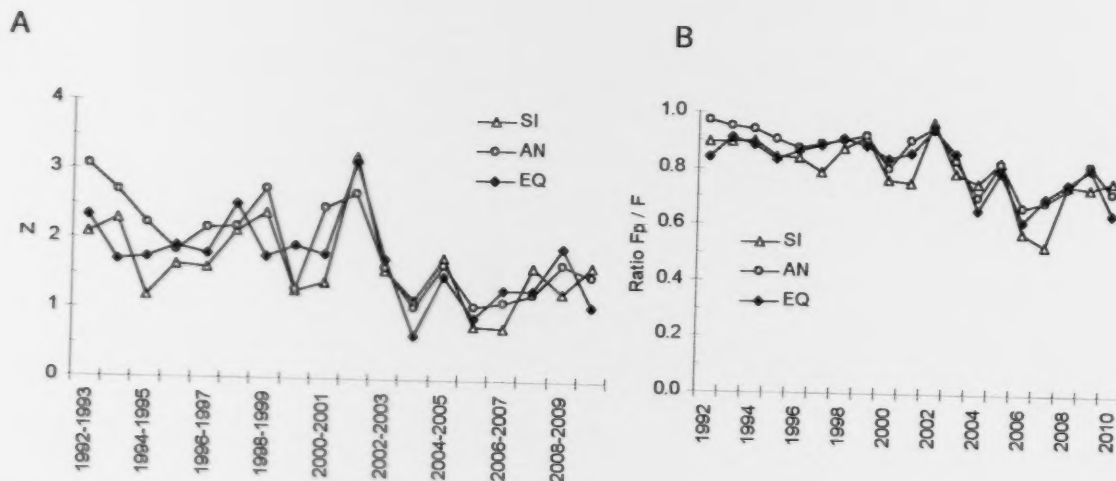


Figure 11. A) Indice de la mortalité totale des femelles : mortalité estimée entre toutes les femelles en été et les femelles multipares l'été suivant. B) Ratio des femelles primipares sur toutes les femelles en été.

Figure 11. A) Index of female total mortality: mortality estimated between all females in summer and the multiparous females the following summer. B) Ratio of primiparous females over all females in summer.

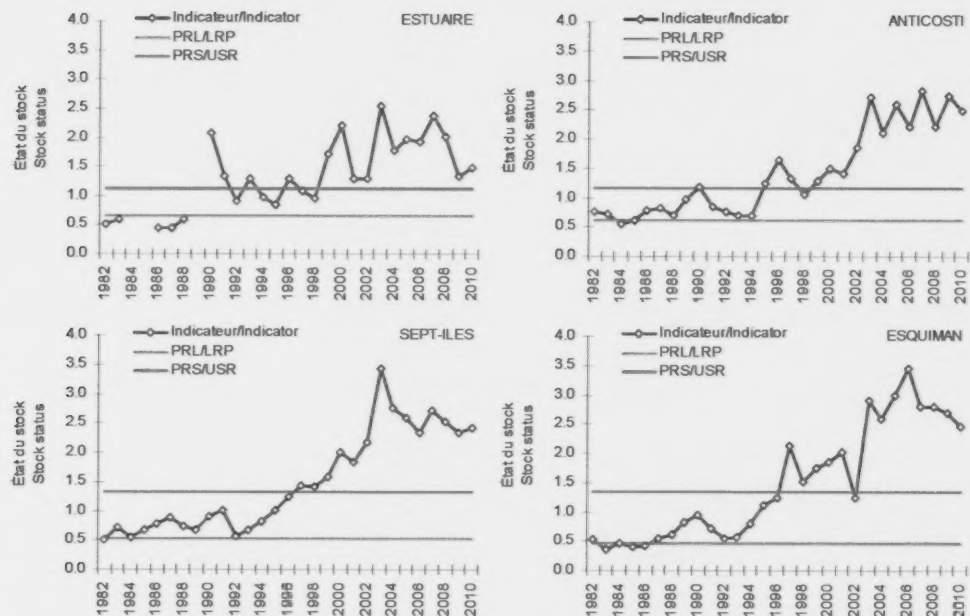


Figure 12. Indicateurs de l'état des stocks et points de référence (PRL et PRS) délimitant les trois zones de classification de l'état des stocks.

Figure 12. Indicators of the stock status and reference points (LRP and USR) delineating the three classification zones of the stock status.

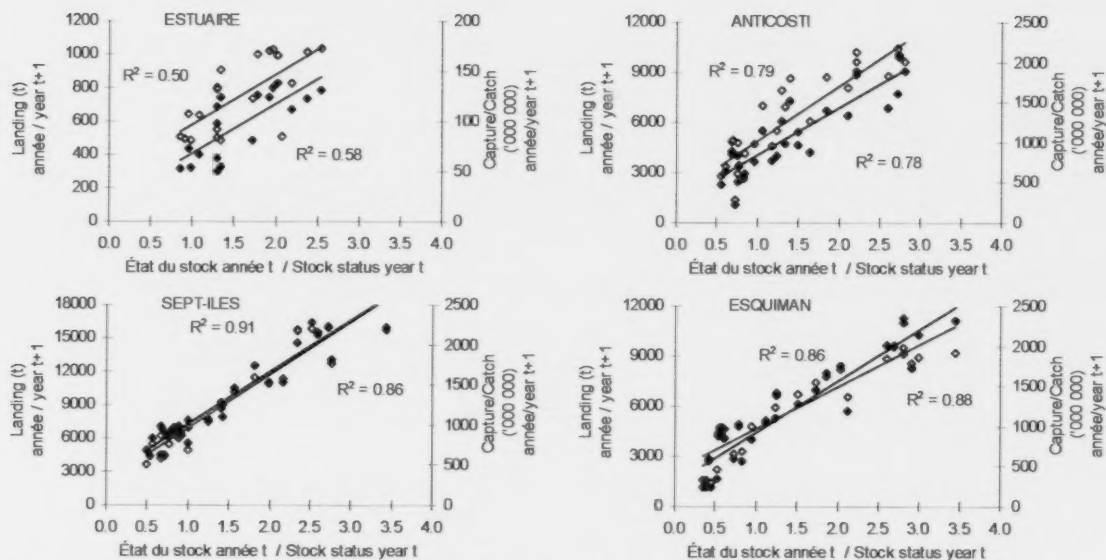


Figure 13. Indicateur de l'état des stocks d'une année donnée et prélèvement (points ouverts, débarquement en tonnes et points fermés, capture en nombre) réalisé l'année suivante.

Figure 13. Stock status indicator of a given year and harvest (open circles, landing in tons and closed circles, catch in number) realised the following year.